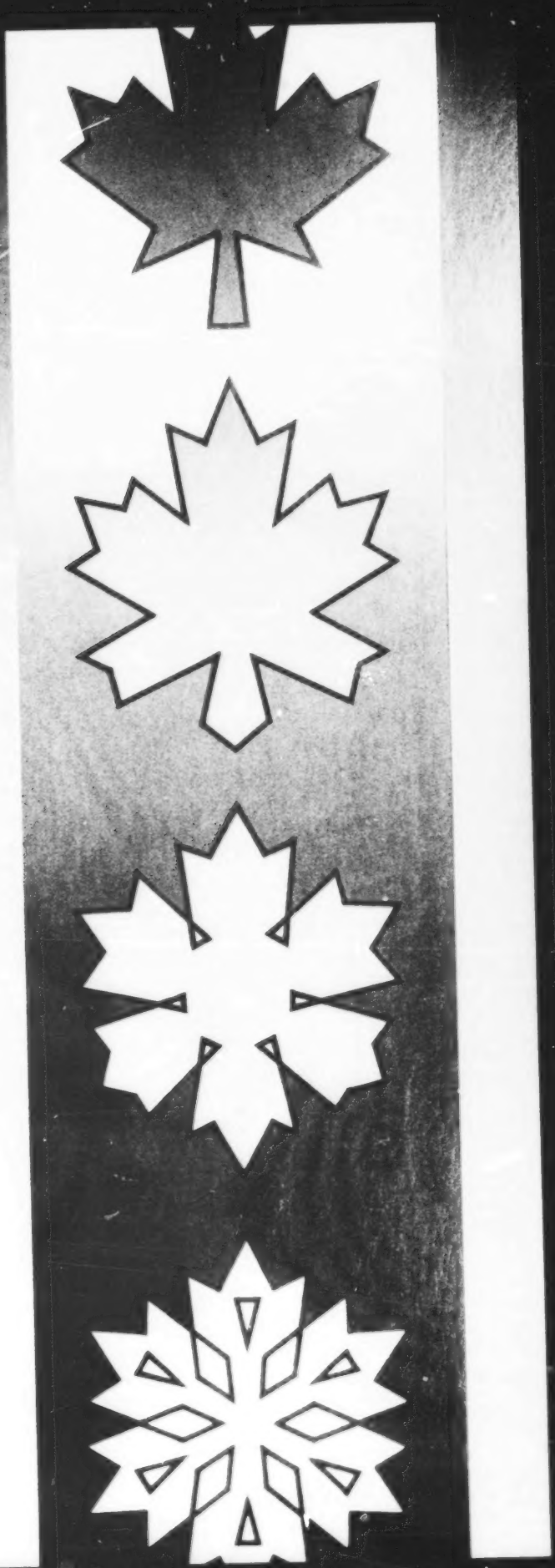
Environment Canada Environnement Canada

CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Resource Strategies

CCD 88-09



Canada

91-01712/

CLIMATE CHANGE DIGEST

CCD 87-01 Canadian Climate Impacts Program

CCD 87-02 Implications of Climatic Change for Agriculture in Ontario

CCD 87-03 Implications of Climatic Change for Navigation and Power Generation in the Great Lakes

CCD 87-04 Effects of a One Metre Rise in Mean Sea-Level at Saint John, New Brunswick and the Lower Reaches of the Saint John River

CCD 88-01 The Implication of Climate Change for Agriculture in the Prairie Provinces

CCD 88-02 Preliminary Study of the Possible Impacts of a One Metre Rise in Sea Level at Charlottetown, Prince Edward Island

CCD 88-03 Implications of Climate Change for Downhill Skiing in Quebec

CCD 88-04 Economic Perspectives on the Impact of Climate Variability and Change: A Summary Report

CCD 88-05 Implications of Climatic Change for Tourism and Recreation in Ontario

CCD 88-06 Estimating Effects of Climatic Change on Agriculture in Saskatchewan, Canada

CCD 88-07 Socio-Economic Assessment of the Physical and Ecological Impacts of Climate Change on the Marine Environment of the Atlantic Region of Canada - Phase I

CCD 88-08 The Implications of Climate Change for Natural Resources in Quebec

CCD 88-09 CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Resource Strategies

Environment Canada Environnement Canada

CO_2 INDUCED CLIMATE CHANGE IN ONTARIO: INTERDEPENDENCIES AND RESOURCE STRATEGIES

Summary Report
Prepared for
Climate Change Digest
Atmospheric Environment Service

by The DPA Group Inc.
in association with Concord Scientific Corporation
Toronto, Canada

DISCLAIMER

This publication contains a summary of the results of a study prepared under contract, by The DPA Group, to the Canadian Climate Centre. The views and opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily state or reflect those of the Government of Canada or any agency thereof.

Single copies of this publication may be obtained, free of charge, by writing to the:

Climate Program Office
Canadian Climate Centre
4905 Dufferin Street
Downsview, Ontario
M3H 5T4
(416)739-4431

Copies of the complete report, "CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Resource Strategies" may be purchased by writing to:

Ms. Katherine Fletcher
The DPA Group Inc.
Suite 700
85 Richmond St. W.
Toronto, Ontario
M5H 1H9

Published by Authority of the
Minister of the Environment

©Minister of Supply and Services
Canada 1988

Catalogue No. En57-27/1988-09
ISBN 0-662-56285-2
ISSN 0835-3980

FOREWORD

The composition of the earth's atmosphere is undergoing a major global change. Human activities, such as deforestation, the burning of fossil fuels and even agricultural practices have significantly increased the amount of carbon dioxide and other "greenhouse gases" in the atmosphere. There is now growing scientific evidence that increasing concentrations of these gases could result, over the next few decades, in a rise of global mean temperature which is greater than any in man's history (Villach Conference, Austria, October 1985). Studies indicate that warming in the range of 1.5 - 4.5°C could be expected; in Arctic regions it is likely to be even greater.

In the past few years, there has been an escalating international awareness of the dependence of various economic sectors on climatic fluctuations and on the implications of long-term climate change. Concerns have been expressed for the potential loss of coastal areas due to anticipated global sea level rises, destruction of the habitats of innumerable plant and animal species, and disruption of world agriculture, to name a few. At the same time, climate change offers the potential for significant economic opportunity. For Canada, this is likely to include an extension of the growing season and year-round shipping on the Great Lakes. The key element in successfully adapting to these changes will be our ability to mitigate the negative effects and to take advantage of the benefits.

In recognition of the impact of climate and climatic fluctuations on society, Canada established a Canadian Climate Program (CCP) in 1978 to integrate the efforts of various federal and provincial agencies as well as the universities and the private sector in the field of climatology. The Atmospheric Environment Service (AES) of Environment Canada was given responsibility as the lead agency for the program. One of the program's components has, since 1984, focussed on research studies to assess and identify the potential social and economic impacts of climate warming expected under a doubled carbon dioxide scenario. Most of these studies have been conducted under contract by Canadian universities.

While these and other studies over the last several years have clearly shown that increasing "greenhouse gas" concentrations have the potential for profound impacts on our physical environment, the results must still be treated as preliminary. There is general scientific agreement on the direction of long-term climate change, but uncertainty in the estimates of the magnitude and timing.

It is evident that additional studies are required in order to provide planning and policy information to all levels of government and private sector users. These would further serve to identify potential mitigative and adaptive strategies and be in keeping with Environment Canada's theme of "anticipate and prevent".

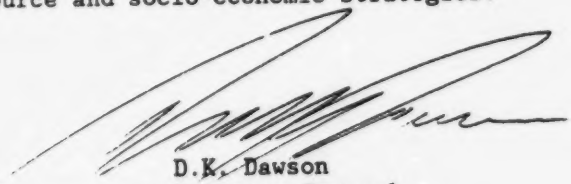
G. A. Sainte-Marie
Deputy Minister
Environment Canada

PREFACE

The Canadian Climate Centre (CCC) has funded a number of studies to investigate the potential impacts, on various sectors of the Canadian economy, of climate warming expected because of the increasing concentrations in the atmosphere of the "greenhouse gases". The equivalent of a doubling of the amount of CO_2 was the situation selected.

The first issue of the Climate Change Digest identified the major socio-economic impact studies undertaken since 1984. A list of earlier titles in the series appears on the inside front cover.

This issue presents the summary results of a workshop, held in November, 1985, which was convened to build on the results of an earlier study in Ontario. That study examined the effect of CO_2-induced climate change on specific components of the air-water-land biota systems and resource uses; the workshop examined the interdependencies of those impact sectors and possible resource and socio-economic strategies.



D.K. Dawson
Director General
Canadian Climate Centre

CO_2 INDUCED CLIMATE CHANGE IN ONTARIO: INTERDEPENDENCIES AND RESOURCE STRATEGIES

STUDY HIGHLIGHTS

- Almost all components of the climate system and resource use are affected by CO_2 induced climatic warming.
- The nature and magnitude of these impacts vary considerably across resource sectors.
- The impacts of CO_2 induced climate change are intricately interdependent. Directly affected climate system components and resource uses can, in turn, affect other sectors.
- Some of these indirect impacts reinforce the effects of CO_2 induced climate change; others are mitigative.
- A variety of resource and socioeconomic strategies exist to mitigate the effects of climate change. These include both preventive and adjustment strategies and are based on steady state assumptions, including no changes in the current socio-economic environment and no significant technological changes.
- While some of these strategies are marginal behavioral modifications, others require significant forward planning (e.g., forest genetics).
- The timing and pattern of CO_2 induced change are important in determining the most likely and desirable strategies.
- A five-point framework was developed to evaluate strategies and identify research priorities. These five criteria are: resource costs; changes in employment and income; geographic distribution of impacts; issues of national sovereignty; and net economic benefit of CO_2 control.
- Research priorities were identified in four broad areas: atmospheric circulation models; effects on the climate system; effects on resource uses; and resource and socio-economic adjustment strategies.
- Amongst resource and socioeconomic adjustment strategies, research into the forestry sector is of primary importance.

1. INTRODUCTION

Rising levels of carbon dioxide in the atmosphere have stimulated considerable research on the consequences for climate, resources and resource use. The Atmospheric Environment Service of Environment Canada (Ontario Region) initiated a pilot study in 1984 to investigate the potential impacts of climate change in Ontario.

The first and second phases of the pilot project examined the effect of CO_2-induced climate change on specific components of the air-water-land biota systems and resource uses. The third and fourth phases of the study examined the interdependency of these impact sectors and possible resource and socioeconomic strategies. This report summarizes the findings of Phases III and IV.

Environment Canada's pilot project was based on a climate scenario representing possible effects of doubled atmospheric CO_2 levels (2 X CO_2). The scenario was based on an adaptation of a grid point model output from experimental results of the Goddard Institute of Space Studies (GISS) Global Circulation Model. The GISS model predicts that mean annual temperature will rise 4.3°C to 4.8°C in Ontario. Annual precipitation is expected to increase 6.5%. Projections indicated a 2.3% mean annual decrease in cloud cover.

While recognizing the uncertainty inherent in these results, the data were used to project impacts on other elements in the climate system, resources, and resource uses in a series of studies for Phase I and II. Many of these Phase I and II studies have been published in the Climate Change Digest series.

Results from the studies formed the starting point for a workshop held in November, 1985, which drew together principal specialists in each of the study areas. This workshop was one of the main components of Phases III and IV. The workshop's objectives were to:

- delineate interdependencies between components of Ontario's climate systems and dependent resources;
- discuss the timing of direct and indirect impacts on resources;
- identify resource and socioeconomic strategies; and
- assess knowledge and identify research priorities.

In the workshop, impacts on the following sectors were examined:

Climate System Components	Resource Uses
Streamflow	Municipal Water Use
Net Basin Supply, Lake Levels and Outflows	Hydroelectric Power
Water Quality	Tourism and Recreation
Wetlands	Food Production
Snowfall	Forest Resources
Air Quality	Health
Solar Energy	Residential Heating and Cooling Requirements

The following report documents both the workshop discussion and the "follow on" analysis of its findings.

2. PHYSICAL IMPACTS OF CLIMATE CHANGE

Physical impacts of CO_2 induced climate change can be either direct or indirect. Direct impacts are driven by changes in temperature, precipitation or cloud cover and affect climate system components. Interdependencies among these sectors cause indirect impacts which affect resource use.

While the direction and magnitude of direct impacts and some indirect impacts were discussed in each pilot study, many more linkages and interdependencies were discussed in the workshop. It is important to note that almost every component of the climate system and resource use can be affected by more than one factor, indicating the high degree of interdependency that exists in the climate system.

2.1 Impacts on the Climate System

2.1.1 Direct Impacts

Changes in temperature and precipitation are more important sources of direct impacts than changes in cloud cover. Streamflow, lake levels, snowfall and air quality could all be significantly affected by temperature and precipitation changes. To a lesser extent, water quality would also be affected. For example, total net basin supply of the Great Lakes is expected to decrease by approximately 15% as temperatures rise and evaporation subsequently increases. Changes in cloud cover, on the other hand, would have a direct impact only on solar energy (it is expected to enhance solar energy potential by about 3%).

2.1.2 Indirect Impacts

Changes in streamflow are one of the most important sources of indirect impacts, significantly affecting water quality, wetlands, and net basin supply (NBS). For example, regulations introduced to maintain streamflow would modify the runoff component of NBS. Reductions in net basin supply and

lake levels would also have indirect impacts on climate system components; in particular, water quality and wetlands. For example, reduced lake levels and outflows coupled with increased air pollutants would adversely affect water potability. Changes in snowfall and wetlands, although less significant, would also have indirect impacts on water quality, streamflows, and NBS. While there are no direct CO_2 induced impacts on wetlands, this component could be affected indirectly through changes in other climate system components thus affecting, for example, wetlands vegetation.

2.2 Impacts on Resource Uses

2.2.1 Direct

Rising temperatures will likely be the major source of direct impacts, significantly affecting all resource sectors with the exception of hydroelectric power and commercial shipping. For example, temperature changes will lengthen the summer season and shorten the winter season, resulting in a shift of tourism opportunities. Food production may also be affected by rising temperatures, extending the growing season in Ontario; the north will likely experience greater yields but the southern crops may suffer moisture stress.

The effects of changing precipitation patterns may have a major direct impact on municipal water use, food production, forest resources and, to a lesser extent, tourism and recreation. For example, increased precipitation in spring and summer may be offset by the rise in evapotranspiration and, as a result, water availability could decrease for municipal water use. Likewise, water shortages may cause dry conditions which, in turn, may increase forest fire potential and moisture stress on food crops.

2.2.2 Indirect

The most vulnerable resource use appears to be tourism and recreation. It is dependent on streamflow, NBS, water quality, snowfall and wetlands. For example, CO_2 induced change in all these climate system components may cause lake levels and lake aesthetics to decline, leading to a restriction of aquatic activities and subsequent decrease in tourism opportunities.

Municipal water use may also be strongly affected by indirect impacts of climate change. Reductions in streamflow, lake levels, outflows and water quality would not only compound the decrease in availability of water supplies caused by direct impacts but also necessitate the need for more water treatment facilities (increased concentration of pollutants).

Hydroelectric power and commercial shipping may only be affected indirectly through reductions in streamflows and NBS (i.e. reduced power generation potential and decreased draft allowance for ships).

3. RESOURCE AND SOCIOECONOMIC STRATEGIES

Appropriate strategies may be required to mi igate the social and economic consequences of CO_2 induced climate change. Two different types of strategies were identified:

- preventive strategies; and
- adjustment strategies.

Preventive strategies focus on sources of atmospheric CO_2 and are directed at curtailing CO_2-producing activities of man. Possible strategies include restricting fossil fuel combustion activities, developing alternative energy sources, or reducing CO_2 emissions through government legislation.

Adjustment strategies are sector-specific; they focus on offsetting the effects of climate change by either adapting affected resources to human needs (eg. dredging shallow basins to avoid draft restrictions for ships) or changing human needs to complement changes in resources (eg. modifying current resource practices).

3.1 Timing

The timing of CO_2 induced climate change is significant in determining socioeconomic impacts, the nature of appropriate adjustment strategies and research priorities. This timing has most serious implications for resource sectors with long planning horizons (such as forestry) and large scale engineering projects (such as hydroelectric dams). The climate change scenarios used in these studies may occur by the 2030's.

Climate change is most likely to take place linearly, with fluctuations about a steadily increasing mean. The implications of this type of climate change are more frequent periods of stress (such as higher temperatures in summer and moisture deficiency in summer and fall), which will result in direct and indirect impacts on resource sectors. For example, in the agricultural sector, lower yields and a greater incidence of crop failure may be expected.

3.2 Preventive Strategies

Preventive strategies can be divided into two categories: removal of sources; and intensified use of natural sinks. The removal of sources may be difficult to achieve because of a number of factors:

- climate change is a global, long-term phenomenon;
- installation of emission control equipment is extremely expensive; and
- there is uncertainty that the costs of removal at source would be offset by the benefits.

Although Ontario restrictions, in isolation, may not have appreciable impact on climate change, they could serve as "leadership legislation" and encourage other jurisdictions to follow suit.

Intensified use of the natural environment as "a sink" to absorb increased levels of atmospheric CO_2 was discounted as a practical preventive measure because of the limited scientific knowledge of the processes and interactions involved.

3.3 Sector-Specific Adjustment Strategies

Probable adjustment strategies were identified by resource use based on a variety of criteria, including:

- practicality;
- ease of implementation;
- technical feasibility;
- compatibility with other goals; and
- minimization of risk and cost.

Strategies assumed a number of "steady state" assumptions, in particular:

- an unchanging socioeconomic environment;
- no change in the current regulatory environment;
- no significant technological changes; and
- no change in geographic distribution of population.

In light of these assumptions, the following discussion is most appropriately considered an exercise in identifying the types of strategies available to mitigate or adjust the impacts of CO_2 climate change. It is not an extensive analysis on which to base actual policy actions.

Municipal Water Use: Greater use of conservation technologies will be necessary to ensure adequate water supply, especially for those communities experiencing strong population growth or those already experiencing shortfalls in water supply.

Hydroelectric Power: A series of adjustment strategies can be used to offset lower power generation capacity (such as using more efficient turbines and increasing the rate of construction of new hydroelectric supply plants). The main element of the probable adjustment strategy will be greater use of conservation technologies and increased reliance on alternative energy sources.

Commercial Shipping: Adjustment strategies can be employed to offset lower lake levels by maintaining outflows from lakes, increased dredging, and extending harbors. If levels become difficult to manage, the probable response would be to redesign ships with a shallower draft.

Residential Heating and Cooling Demand: As cooling demand increases, there will be greater opportunities to market state-of-the-art cooling systems. However, increasing demands for energy in the summer may lead to higher prices which would offset the expected increase in air conditioning sales.

Tourism and Recreation: Limited modifications of environmental conditions (eg. snow making at ski resorts) are possible in some circumstances. However, the dominant strategy for tourism operators with fixed investments will be to maintain or diversify the range of available activities (such as development of more indoor activities that could be undertaken in the summer and shoulder seasons). Without development and intense management of indoor and outdoor facilities, the mobile tourist will move to substitute locations.

Food Production: Possible strategies include extending the northern limits of crop cultivation (transfer forestry land into agriculture); in the south, moisture stress could be countered by increased irrigation. Because of competition for water, more intensive management will be required than present.

Forestry: Forestry must respond soon if major dislocations in supply are to be avoided. Strategies include reforestation of new species better suited to the new climate, more intensive forest management with shorter rotation periods, and improved disease control and fire prevention.

Water Quality: Probable decreases in water quality and availability will necessitate a strategy which reduces the level of discharge of contaminants and increases treatment and purification of water for consumption.

3.4 Implications of Sector Specific Strategies

Each sector-specific adjustment strategy adopted to mitigate the effects of climate change may have implications for components of the climate system and for resource use. The second part of the interdependency analysis examined the possible direction and scope of these strategies' impacts and feedbacks. Highlights for each resource sector are described below.

Municipal Water Use: While mitigation strategies are expected to have few implications for climate system components or other resource uses, conservation technologies could partially reduce the effect of CO_2 induced climate change on stream flows, NBS, and lake levels by offsetting increases in municipal water use.

Hydroelectric Power: Strategies available to mitigate reduced hydroelectric power generation potential may have both negative and positive implications. Using other sources of power may cause deterioration of air and water quality. Raising the price of electricity to restrict demand would have financial implications for a broad range of economic activities.

Commercial Shipping: Water regulation to reduce outflows may affect NBS and lake levels elsewhere.

Residential Heating Requirements: Warmer temperatures might encourage use of new technologies (eg. heat pumps) which would reduce overall heating needs, thereby lowering the demand for energy resources. Lower demand would partially mitigate the reduced supply potential from hydroelectric sources.

Residential Cooling Requirements: Increased air conditioning will put more strain on hydroelectric generation and reinforce CO_2 induced impacts on hydro power supply.

Tourism and Recreation: Diversification of recreational activities may create land use conflicts as land-based recreation encroaches on agriculture and forestry areas. More use of water resources may reduce water quality. Increased regulations to facilitate recreation activities may affect lake levels, streamflows, and outflows.

Food Production: Increased irrigation in southern Ontario may affect streamflows, NBS and lake levels. More intensive agriculture could affect water quality. Potential land use conflicts could arise as agriculture is extended into northern Ontario.

Forest Resources: The magnitude, diversity and net effects of impacts of strategies such as intensive management or a shift in forest-based activities are unclear.

4. RESEARCH PRIORITIES

Recommended research priorities take into account both basic research and its application. Basic research examines the mechanisms by which changes in the climate system or resource sector occur. Application of this basic research includes simulations to predict impacts given specific climatic circumstances. The criteria used in assessing priorities for research were the degree of uncertainty in defining impacts and the importance of knowing the magnitude of the impacts on the affected resource based on the economic significance of its use. Consideration of research priorities dealt with four broad groups of research topics:

- atmospheric circulation models;
- the climate system;
- effects on resources and their use; and
- socioeconomic strategies.

4.1 Atmospheric Circulation Models

Improved communication between modellers and the users of model results could result in more useful products. Improvements may be effected through changes or additions to model output parameters, refinements in the estimates of rate of climate change, and inclusion of additional parameters such as cloud cover. It is recommended that representatives of the atmospheric

modelling community and impact sector investigators meet to determine feasible modifications to model outputs and to improve the understanding of the models among their users. [Ed. Note: this has been taking place more frequently since 1985].

4.2 Effects on the Climate System

Research needs were identified for both direct and indirect CO_2 induced effects on the climate system and are summarized in sections 4.2.1 and 4.2.2. These needs were separated into three priority sets: primary, secondary, and tertiary importance.

There are three important parameters that have not been investigated despite their significant effects for resource uses. These are CO_2 effects on biological productivity (increased plant growth and ozone concentrations), ice cover (increases shipping season), and ecosystem effects (i.e. changes in species composition). Of these parameters, research investigations into CO_2 and ecosystem effects are of primary importance, while studies of ice cover are a second priority.

4.2.1 Direct Effects

Of Primary Importance is Research Into:

Streamflow: Models are based on a single watershed deemed typical and modellers are not confident of its predictions when it is transferred to other Ontario watersheds or different climate regimes.

Net Basin Supply: Depends on run-off models but needs data on rainfall on and evaporation from lakes (currently estimated).

Of Secondary Importance is Research Into:

Air Quality: New models are being developed which include atmospheric constituents such as acidic pollutants and may be of use in assessing CO_2 impacts.

Snowfall: Existing model outputs can not assess impacts of extreme snowfall on transportation, structures and skiing.

Lake Levels: Simulations to identify what changes in regulation would mitigate impacts of changes in lake levels.

Of Tertiary Importance is Research Into:

Water Quality: Reliable models already exist but there is a need to include biological impacts.

4.2.2 Indirect Effects

Air Quality on Water Quality: Investigations into this area are of primary importance as little basic research has been done although the potential impacts may be large.

Streamflows and NBS on Water Quality: This has a secondary priority for research because the functional relationships are fairly well understood.

Streamflows on Lake Levels: Modelling using climate change scenarios requires further work, but is of secondary importance compared to air and water quality investigations.

4.3 Resource Sectors

Research needs related to resource sectors have been identified for both direct and indirect effects and by priority level. The health sector has been included although it was not analyzed in preparation for the workshop. Other sectors which have impacts are transportation, construction and fisheries but are not included. Further work is required to investigate impacts in these and other potentially affected sectors.

The Forestry sector is of primary importance with respect to investigations of CO_2 induced impacts. Research requirements include studies of:

- forest responses to new climates;
- specific impact factors (i.e. pests);
- indirect impacts of air quality change on forest resources; and
- impacts of changes in snowfall on forest resources.

Health research requirements are also of primary importance. They include studies of:

- postulated changes (section 2.2);
- indirect impacts of changes in air quality on health; and
- other possible indirect impacts.

Research needs into the direct and indirect effects of CO_2 induced change on food production, tourism and recreation, and municipal water use are of a second priority nature.

Food Production research requirements included studies of:

- direct CO_2 impact on crop productivity;
- productivity for specialty crops and impact of concentrated pollutants in rainfall; and
- impact of air quality changes on food production;

Tourism and Recreation research requirements include:

- user response to changes in quality of recreational experience;
- improvements to atmospheric model outputs; and
- investigation of interrelationship of streamflow and lake level changes and recreation activities.

Municipal Water Use research requirements include:

- modelling of actual water consumption and losses due to leakage; and
- investigation into indirect effects of groundwater use.

The effects on Hydroelectric Power, Shipping, and Residential Heating and Cooling are all indirect but well understood; therefore, they are a tertiary research priority.

4.4 Resource and Socioeconomic Adjustment Strategies

The need for research into potential socioeconomic adjustment strategies is not a high priority yet because of the uncertainty of biophysical impacts. Research needs also depend on response time necessary for adjustments. This too is poorly understood. Of first priority are research investigations into mitigative strategies that could be used in the forestry sector; in particular, there is insufficient data on the effects of genetic selection, shorter rotation, and intensified management.

A second priority would be research into the effects of adjustments strategies that could be employed in food production and shipping.

5.0 FRAMEWORK FOR SOCIOECONOMIC IMPACT ASSESSMENT

A five-point framework has been developed as a guide to assessing the socio-economic impacts of CO_2 induced climate change. The first four criteria focus on identifying resource areas where impacts are most severe from a socioeconomic perspective. The last criterion offers a measure of the usefulness of various strategies.

5.1 Resource Costs

Resource costs capture changes in economic welfare and are measured by the dollar value of CO_2 induced changes in resource use. Economic welfare depends on the availability of goods (e.g. resources) at low prices. For example, as climate changes, the availability of certain wood species may be reduced, driving up the market price. The consumer is adversely affected because he/she pays more than before the climate change. The producer is adversely affected because the rise in production costs causes a reduction in profits. While this loss of profits is partially offset by the increased market price, this is essentially an income transfer from consumer to producer and therefore does not increase economic welfare.

5.2 Changes in Employment and Income

CO_2 induced climate change will, in altering resource uses, change employment and personal income levels. There are two components to both employment and personal income indicators. For employment, the first component is direct employment loss which is the number of jobs lost or gained as an immediate consequence of CO_2 induced climate change. For example,in the

forest industry, the number of direct jobs lost would correspond to the number of loggers let go as a result of lower harvests. The second component captures indirect losses and gains (such as reduced activity in support industries of the affected resource). Income effects are composed of the same direct and indirect components.

5.3 Geographic Distribution of Impacts

Priorities for public action may also be based on the geographic distribution of impacts. This criterion compares resource costs and employment changes from region to region. An analysis of the geographic distribution of impacts provides public policy makers with better information on both what and where action is needed. It would also help identify communities that are dependent on a threatened resource.

5.4 Issues of National Sovereignty

Issues of national sovereignty introduce a wider scope for policy assessment. The most obvious criterion of national sovereignty is Balance of Payments considerations which include impacts of CO_2 induced climate change on Canada's trade patterns, exchange rate and ability to import. Other issues of national sovereignty include national independence (i.e. control of resources) and national prestige.

5.5 Net Economic Benefits of Control

The last criterion focuses on evaluating the usefulness of specific mitigative resource strategies. An analysis of net economic benefits indicates whether the benefits of a given strategy are greater than its costs. Such a benefit-cost analysis could be used in comparing the relative attractiveness of alternative strategies and to indicate priorities among policy actions.

In conclusion, this five-point framework for evaluating the socio-economic impacts of CO_2 induced climate change requires a concerted level of research effort. This effort can be reduced by either basing decisions on only one or two of the above criteria. The appropriateness of either approach depends on the preferences of the decision makers.

Environnement Canada
Environment Canada

[redacted]

SCC [redacted]

Canada

SOMMAIRE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

SCC 87-01 Programme canadien des incidences climatologiques

SCC 87-02 Conséquences du changement climatique sur l'agriculture en Ontario

SCC 87-03 Répercussions d'un changement de climat sur la navigation et la production d'électricité dans les Grands Lacs

SCC 87-04 Effets d'une hausse d'un mètre du niveau moyen de la mer a Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et au passage inférieur du Saint-Jean

SCC 88-01 Répercussions du changement climatique sur l'agriculture dans les Provinces des Prairies

SCC 88-02 Étude préliminaire des effets éventuels d'une hausse d'un mètre du niveau de la mer à Charlottetown, dans l'Ile-du-Prince-Édouard

SCC 88-03 Répercussions d'un changement climatique sur l'industrie du ski alpin au Québec

SCC 88-04 Perspectives économiques liées aux répercussions de la variabilité et du changement climatiques : Rapport sommaire

SCC 88-05 Incidences du changement climatique sur le tourisme et les loisirs en Ontario

SCC 88-06 Évaluation des effets du changement climatique sur l'agriculture en Saskatchewan, Canada

SCC 88-07 Évaluation socio-économique des conséquences physiques et écologiques du changement climatique sur le milieu marin dans la region de l'Atlantique - Phase I

SCC 88-08 Impacts d'un changement climatique sur les ressources naturelles du Québec

SCC 88-09 Changement climatique causé par le CO_2 en Ontario - Interdépendences et stratégies en matière de ressources

Environnement Canada | Environment Canada

CHANGEMENT CLIMATIQUE CAUSÉ PAR LE CO_2 EN ONTARIO

INTERDÉPENDANCES ET STRATEGIES EN MATIÈRE DE RESSOURCES

Rapport sommaire
rédigé pour le
Sommaire du changement climatique
Service de l'environnement atmosphérique

par
The DPA Group Inc.
en association avec
Concord Scientific Corporation
Toronto - Canada

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

La présente publication renferme le résumé des résultats d'une étude menée en vertu d'un contrat par The DPA Group pour le Centre climatologique canadien. Les avis et opinions qui y sont exprimés sont ceux des auteurs. Ils n'expriment, ni ne reflètent nécessairement ceux du gouvernment du Canada ou de tout organisme de celui-ci.

Pour obtenir gratuitement des exemplaires de cette publication, écrire au :

Bureau du programme climatologique
Centre climatologique canadien
4905 Rue Dufferin
Downsview (Ontario)
M3H 5T4
(416)739-4431

Pour acheter des exemplaires du rapport complet, "CO_2 Induced Climate Change in Ontario: Interdependencies and Resource Strategies", ecrire à:

Katherine Fletcher
The DPA Group Inc.
Ste. 700
85 Richmond St. W.
Toronto (Ontario)
M5H 1H9

Publié avec l'autorisation du
ministre de l'Environnement

©Ministre des Approvisionnements
et Services Canada 1988

N° de catalogue EN57-27/1988-09
ISBN 0-662-56285-2
ISSN 0835-3980

AVANT-PROPOS

L'atmosphère terrestre subit de grands changements dans sa composition à l'échelle mondiale. Les activités humaines, comme le déboisement, l'utilisation des combustibles fossiles et, même, les opérations agricoles ont nettement accru la quantité de gaz carbonique et d'autres "gaz de serre" de l'atmosphère. Il est de mieux en mieux établi du point de vue scientifique que l'accroissement de la concentration de ces gaz pourrait entraîner, au cours des prochaines décennies, une augmentation de la température moyenne mondiale supérieure à toute autre augmentation survenue depuis l'arrivée de l'homme sur terre (cf. conférence de Villach, Autriche, octobre 1985). D'après les études, on pourrait s'attendre à un réchauffement mondial moyen de 1,5 à 4,5 °C; dans les régions arctiques, il est probable que ce réchauffement sera encore plus élevé.

Ces dernières années, on a de plus en plus pris conscience, à l'échelon international du fait que divers secteurs économiques sont tributaires des fluctuations climatiques et des répercussions du changement climatique à long terme. On appréhende la perte éventuelle de zones côtières due à la hausse mondiale prévue du niveau des mers, à la destruction des habitats d'innombrables espèces végétales et animales et à la perturbation de l'agriculture mondiale, pour ne citer que quelques sujets de préoccupation. Par la même occasion, le changement climatique offre éventuellement d'intéressantes possibilités économiques. Pour le Canada, celles-ci comprennent sans doute une prolongation de la saison de croissance et une navigation marchande active à longueur d'année sur les Grands lacs. L'élément clef d'une bonne adaptation à ces changements sera notre aptitude à atténuer les effets négatifs et à tirer parti des avantages.

Ayant reconnu l'effet du climat et des fluctuations climatiques sur la société, le Canada a, en 1978, établi un Programme climatologique canadien pour intégrer les efforts de divers organismes fédéraux et provinciaux, ainsi que des universités et du secteur privé, dans le domaine de la climatologie. On a confié la responsabilité du programme au Service de l'environnement atmosphérique (SEA), d'Environnement Canada. Ce service est donc l'organisme responsable en la matière. Depuis 1984, un des éléments du programme se concentre sur les études de recherche destinées à évaluer et à déterminer les effets sociaux et économiques éventuels du réchauffement climatique auquel on s'attend suivant un scénario où la concentration de gaz carbonique doublerait. La plupart de ces études furent menées en vertu de contrats par des universités canadiennes.

Ces études et d'autres études réalisées au cours des dernières années ont clairement montré que l'accroissement des concentrations de "gaz de serre" peut bel et bien exercer des effets profonds sur notre milieu physique, mais il faut encore en considérer les résultats comme préliminaires. Les scientifiques s'entendent assez bien sur l'évolution du changement climatique à long terme, mais il existe de l'incertitude dans les estimations de l'ampleur et des échéances.

Il va de soi qu'il faut d'autres études pour fournir des renseignements de planification et d'orientation à tous les paliers d'administration et aux usagers du secteur privé. Ces études aideraient encore à établir les stratégies éventuelles d'atténuation et d'adaptation et répondraient au thème d'Environnement Canada : "Prévoir pour prévenir."

G.A. Sainte-Marie
Sous-ministre
Environnement Canada

PRÉFACE

Le Centre climatologique canadien (CCC) a financé plusieurs études touchant les effets éventuels, sur divers secteurs de l'économie canadienne, du réchauffement du climat prévu du fait de la concentration croissante des "gaz de serre" dans l'atmosphère. On a retenu le cas d'une quantité deux fois plus importante de CO_2.

Le premier numéro du Sommaire du changement climatique indique les principales études de prospective socio-économique entreprises depuis 1984. La liste des titres antérieurs de la série figure au verso de la première page de couverture.

Le présent numéro présente les résultats sommaires d'un atelier tenu en novembre 1985 pour exploiter les résultats d'une étude antérieure effectuée en Ontario. Cette étude examinait l'effet du changement climatique entraîné par le CO_2 sur des éléments déterminés des biotes atmosphériques, aquatiques et terrestres et sur l'utilisation des ressources. L'atelier étudiait l'interdépendence de ces secteurs touchés et les stratégies éventuelles en matière de ressources et d'ordre socio-éconoomique.

D.K. Dawson
Directeur général
Centre climatologique canadien

CHANGEMENT CLIMATIQUE CAUSÉ PAR LE CO_2 EN ONTARIO : INTERDÉPENDANCES ET STRATÉGIES EN MATIÈRE DE RESSOURCES

POINTS SAILLANTS DE L'ÉTUDE

- Presque tous les éléments du système climatique et de l'utilisation des ressources sont touchés par le réchauffement climatique causé par le CO_2.

- La nature et l'ampleur des répercussions varient considérablement selon les secteurs de ressources.

- Les répercussions du changement climatique causé par le CO_2 sont étroitement interdépendantes. Les éléments du système climatique et l'usage des ressources directement touchées peuvent, à leur tour, toucher d'autres secteurs.

- Certaines de ces répercussions indirectes renforcent les effets du changement climatique causé par le CO_2; d'autres vont dans le sens contraire.

- Il existe diverses stratégies socio-économiques en matière de ressources qui permettent d'atténuer les effets du changement climatique. Il s'agit de stratégies préventives et de stratégies d'adaptation qui reposent sur l'hypothèse d'un état permanent, excluant tout changement du milieu socio-économique actuel et tout changement technique d'importance.

- Certaines de ces stratégies font appel à des modifications marginales du comportement, mais d'autres exigent une planification importante (en génétique forestière par exemple).

- Pour déterminer les stratégies les plus vraisemblables et les plus souhaitables, il est important de connaître le moment où se produira le changement causé par le CO_2 et la forme qu'il revêtira.

- On a mis au point un ensemble de cinq critères pour évaluer les stratégies et déterminer la priorité en matière de recherche. Les cinq critères sont les suivants : coût des ressources; changements en matière d'emploi et de revenus, répartition géographique des répercussions; questions de souveraineté nationale; bénéfices économiques nets de la lutte contre le CO_2.

- On a établi la priorité en matière de recherche dans les quatre grands domaines suivants : modèles de la circulation atmosphérique; effets sur le système climatique; effets sur l'utilisation des ressources; stratégies socio-économiques d'adaptation en matière de ressources.

- Parmi ces stratégies d'adaptation, il est de première importance de mener de la recherche dans le secteur forestier.

1. INTRODUCTION

L'augmentation de la concentration du gaz carbonique dans l'atmosphère a suscité une recherche considérable sur les conséquences de ce phénomène sur le climat, les ressources et l'utilisation des ressources. Le Service de l'environnement atmosphérique qui relève d'Environnement Canada (Région de l'Ontario) a entrepris une étude pilote en 1984 pour déterminer les répercussions éventuelles du changement climatique en Ontario.

La première et la deuxième phases du projet pilote ont étudié l'effet du changement climatique causé par le CO_2 sur des éléments particuliers des biotes atmosphériques, aquatiques et terrestres et sur l'utilisation des ressources. La troisième et la quatrième phases de l'étude ont porté sur l'interdépendance de ces secteurs et sur les stratégies socio-économiques possibles en matière de ressources. Le présent rapport résume les conclusions des phases III et IV.

Le projet pilote d'Environnement Canada reposait sur un scénario climatique représentant les effets possibles du doublement de la concentration du CO_2 dans l'atmosphère (2 X CO_2). Le scénario était une adaptation d'un modèle au point de grille tiré des résultats expérimentaux du modèle de circulation générale de l'Institut Goddard pour les études spatiales (GISS). Le modèle GISS prévoit que la température annuelle moyenne de l'Ontario s'élèvera de 4,3 °C à 4,8 °C. On prévoit une augmentation des précipitations annuelles de 6,5 %. Les projections indiquent une diminution annuelle moyenne de la nébulosité de 2,3 %.

Tout en reconnaissant l'incertitude inhérente à ces résultats, on a utilisé les données, au cours d'une série d'études des phases I et II, pour prévoir les répercussions sur d'autres éléments du système climatique, sur les ressources et l'utilisation des ressources. La série du Sommaire du changement climatique a publié un grand nombre de ces études des phases I et II.

Les résultats de ces études ont constitué le point de départ d'un colloque qui, en novembre 1985, a rassemblé les spécialistes principaux de chacun des domaines d'études. Le colloque a constitué l'un des éléments principaux des phases III et IV. Les objectifs du colloques étaient les suivants :

- définir l'interdépendance des éléments des systèmes climatiques de l'Ontario et des ressources qui en dépendent;
- examiner le moment où se produiront les répercussions directes et indirectes sur les ressources;
- définir des stratégies socio-économiques en matière de ressources.
- évaluer la connaissance et déterminer la priorité en matière de recherche.

Le colloque a porté sur les répercussions dans les secteurs suivants :

Éléments du système climatologique	Utilisation des ressources
Écoulement	Utilisation de l'eau par les municipalités
Apport net du bassin (ANB), niveau et débit des lacs	Énergie hydroélectrique
Qualité de l'eau	Tourisme et loisirs
Marais	Production alimentaire
Régime nival	Ressources forestières
Qualité de l'air	Santé
Énergie solaire	Chauffage et refroidissement d'ambiance

Le rapport suivant rend compte des débats qui ont eu lieu pendant le colloque et de l'analyse des conclusions menée par la suite.

2. RÉPERCUSSIONS PHYSIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les répercussions physiques du changement climatique causé par le CO_2 peuvent être directes ou indirectes. Les répercussions directes sont provoquées par les changements de température, de précipitations ou de nébulosité et elles touchent les éléments du système climatique. L'interdépendance de ces secteurs donne lieu à des répercussions indirectes qui touchent l'utilisation des ressources.

Dans chaque étude pilote, on a examiné le sens et l'ampleur des répercussions directes et de certaines répercussions indirectes, mais au cours du colloque on a examiné bien davantage de liens d'interdépendance. Il est important de remarquer que presque chaque élément du système climatique et de l'utilisation des ressources peut être touché par plusieurs facteurs, ce qui montre le degré élevé d'interdépendance qui existe dans le système climatique.

2.1 Répercussions sur le système climatique

2.1.1 Répercussions directes

Les changements de la température et des précipitations sont des sources beaucoup plus importantes de répercussions directes que les changements de la nébulosité. Les changements de température et de précipitations peuvent sensiblement modifier l'écoulement, le niveau des lacs, le régime nival et la qualité de l'air. La qualité de l'eau peut aussi être touchée, mais dans une moindre mesure. Ainsi, on prévoit que la hausse de température et, partant, de l'évaporation, va entraîner une diminution d'environ 15 % de l'apport net du bassin des Grands Lacs. Par contre, les changements de nébulosité n'auraient de répercussions directes que sur l'énergie solaire (on s'attend à un renforcement de celle-ci d'environ 3 %).

2.1.2 Répercussions indirectes

Les changements de l'écoulement représentent l'une des sources de répercussions indirectes les plus importantes, car ils modifient de façon sensible la qualité de l'eau, les marais et l'apport net du bassin (ANB). Ainsi, si l'on régularise l'écoulement, on modifie l'élément ruissellement de l'ANB. La réduction de l'apport net du bassin et du niveau des lacs aurait aussi des répercussions indirectes sur les éléments du système climatique, en particulier la qualité de l'eau et les marais. Par exemple, la réduction du niveau des lacs et du débit, ajoutée à l'accroissement de la pollution atmosphérique, aurait un effet néfaste sur l'eau potable. Si le régime nival et les marais subissent ces changements, il y aura des répercussions indirectes, de moindre importance cependant, sur la qualité de l'eau, l'écoulement et l'ANB. Il n'y a pas de répercussions directes du changement causé par le CO_2 sur les marais, mais ceux-ci peuvent être touchés indirectement par les changements d'autres éléments du système climatique qui toucheraient, par exemple, la végétation des marais.

2.2 Répercussions sur l'utilisation des ressources

2.2.1 Répercussions directes

L'élévation de la température sera probablement la principale source de répercussions directes, touchant de façon sensible tous les secteurs des ressources à l'exception de l'énergie hydroélectrique et de la navigation commerciale. C'est ainsi que les changements de température vont allonger la saison estivale et raccourcir la saison d'hiver, d'où un certain décalage des activités de tourisme. La production de denrées alimentaires peut aussi être touchée par la hausse de température qui allongera la saison de croissance en Ontario; le nord connaîtra probablement des rendements plus importants mais dans le sud, les cultures risquent de souffrir d'un manque d'humidité.

Les changements du régime de précipitations peuvent avoir une grande répercussion directe sur l'utilisation de l'eau par les municipalités, la production alimentaire, les ressources forestières et, dans une moindre mesure, le tourisme et les loisirs. Ainsi, l'accroissement des précipitations au printemps et en été peut être compensé par l'élévation de l'évapotranspiration et, par conséquent, les municipalités risquent de disposer de moins d'eau. De même, les pénuries d'eau peuvent entraîner des conditions de sécheresse qui, à leur tour, peuvent accroître le risque des incendies de forêt et le dessèchement des cultures.

2.2.2 Répercussions indirectes

L'utilisation des ressources la plus vulnérable semble être celle qu'en fait le secteur du tourisme et des loisirs. L'utilisation dépend de l'écoulement, de l'ANB, de la qualité de l'eau, du régime nival et des marais. Ainsi, le changement (causé par le CO_2) de tous ces éléments du système climatique peut entraîner la baisse du niveau des lacs, ce qui dépare le paysage et conduit à une diminution des activités aquatiques et, par contrecoup, une diminution du tourisme.

L'utilisation de l'eau par les municipalités peut aussi être fortement touchée par les répercussions indirectes du changement climatique. La baisse de l'écoulement, du niveau des lacs, du débit et de la qualité de l'eau non seulement aggraverait la diminution des réserves d'eau causée par les répercussions directes, mais encore rendrait nécessaire la multiplication des usines de traitement de l'eau en raison de l'accroissement de la concentration des polluants.

Il se peut que l'énergie hydroélectrique et la navigation commerciale ne soient touchées que par les répercussions indirectes, par la diminution de l'écoulement et de l'ANB (réduction de la génération d'électricité et diminution du tirant d'eau des navires).

3. STRATÉGIES SOCIO-ÉCONOMIQUES EN MATIÈRE DE RESSOURCES

Il faut peut-être faire appel à des stratégies appropriées pour atténuer les conséquences sociales et économiques du changement climatique causé par le CO_2. On a relevé deux types de stratégies :

- stratégies préventives
- stratégies d'adaptation

Les stratégies préventives portent sur les sources de CO_2 atmosphérique et visent à réduire les activités anthropiques qui libèrent du CO_2. Les stratégies de cette catégorie font appel notamment à la limitation de la combustion de combustibles fossiles, à la mise au point de nouvelles sources d'énergie ou à la réduction des émissions de CO_2 imposée par la législation.

Les stratégies d'adaptation sont particulières aux secteurs concernés; elles visent surtout à contrebalancer les effets du changement climatique, soit en adaptant à nos besoins les ressources touchées (par exemple en draguant les bassins peu profonds pour prévenir la diminution du tirant d'eau des navires), soit en modifiant nos besoins de façon à suppléer les ressources touchées (par exemple en modifiant les pratiques actuelles en matière de ressources).

3.1 Moment du changement

Le moment où se produira le changement climatique causé par le CO_2 a de l'importance pour déterminer les répercussions socio-économiques, la nature des stratégies d'adaptation appropriées et la priorité en matière de recherche. La détermination du moment entraine de très graves conséquences dans les secteurs des ressources où l'on pratique la planification à long terme (comme la foresterie) ainsi que sur les ouvrages techniques à grande échelle comme les barrages hydroélectriques. Les scénarios du changement climatique retenus par les études peuvent se produire vers l'an 2030.

On pense que le changement climatique se produira vraisemblablement de façon linéaire, avec des fluctuations de part et d'autre d'une moyenne en augmentation constante. Les conséquences de ce type de changement climatique se traduisent par des périodes plus fréquentes de conditions extrêmes, comme

des températures plus élevées en été et un déficit hydrique en été et en automne, ce qui aura des répercussions directes et indirectes sur les secteurs différents de ressources. On peut s'attendre dans le domaine agricole, par exemple, à une diminution des rendements et à une plus grande fréquence de mauvaises récoltes.

3.2 Stratégies préventives

Les stratégies préventives peuvent se répartir en deux catégories : suppression des sources; recours accru aux puits naturels. La suppression des sources peut s'avérer difficile à atteindre en raison d'un certain nombre de facteurs :

- le changement climatique est un phénomène mondial à long terme;
- l'installation de dispositifs de réduction des émissions est extrêmement coûteuse
- il n'est pas sûr que les coûts de la suppression du CO_2 à la source seraient compensés par les avantages.

Prises isolément, les restrictions imposées en Ontario sur les émissions de CO_2 n'ont peut-être guère de répercussions appréciables sur le changement climatique, mais elles peuvent ouvrir la voie et inciter d'autres autorités à légiférer dans le même sens.

On a écarté le recours accru à l'environnement naturel comme puits servant à absorber les concentrations croissantes de CO_2 dans l'atmosphère parce que la connaissance scientifique des processus des interactions en jeu est assez limitée.

3.3 Stratégies d'adaptation particulières aux secteurs

On a déterminé des stratégies d'adaptation probables en matière d'utilisation des ressources en tenant compte, en particulier, des critères suivants :

- aspect pratique
- facilité d'application
- faisabilité technique
- compatibilité avec d'autres objectifs
- minimisation des risques et des coûts.

Les stratégies reposent sur un certain nombre d'hypothèses de stabilité, en particulier :

- environnement socio-économique stable
- aucun changement des règlements environnementaux actuels
- aucune percée technique d'importance
- aucun changement géographique de la répartition de la population.

A partir de ces hypothèses, il s'agit essentiellement dans l'examen qui suit de déterminer les types de stratégies existantes qui permettent d'atténuer les répercussions du changement climatique causé par le CO_2 ou de s'adapter à ces répercussions. Il ne s'agit pas d'une analyse détaillée permettant de définir des mesures politiques réelles.

Utilisation de l'eau par les municipalités : Il faudra utiliser davantage de techniques de conservation pour assurer des réserves d'eau suffisantes, surtout dans les localités qui connaissent une forte poussée démographique ou qui subissent déjà des pénuries d'eau.

Énergie hydroélectrique : On peut avoir recours à une série de stratégies d'adaptation pour compenser la perte de production d'énergie en utilisant, par exemple, des turbines à meilleur rendement et en augmentant le rythme de construction de nouvelles usines hydroélectriques. L'élément principal de la stratégie d'adaptation probable sera le plus grand recours à des techniques de conservation et à des sources d'énergie nouvelles.

Navigation commerciale : On peut utiliser des stratégies d'adaptation pour compenser la baisse du niveau des lacs en maintenant le débit sortant, en augmentant le dragage et en élargissant les ports. Si ces solutions ne suffisent pas, il faudra probablement remodeler les navires en diminuant le tirant d'eau.

Chauffage et refroidissement d'ambiance : L'accroissement de la demande de refroidissement d'ambiance ouvrira des marchés aux systèmes de refroidissement perfectionnés. Cependant, l'accroissement de la demande d'énergie en été peut provoquer la hausse des prix, ce qui viendrait annuler l'effet de l'accroissement prévu des ventes de climatiseurs.

Tourisme et loisirs : Dans certaines circonstances, il est possible de modifier légèrement les conditions environnementales, en faisant par exemple de la neige artificielle dans les stations de ski. Cependant, la stratégie dominante des exploitants touristiques ayant un capital fixe consistera à maintenir ou diversifier la gamme d'activités offertes, en créant par exemple davantage d'activités d'intérieur auxquelles les touristes pourraient se livrer en été et pendant les saisons de transition. Faute de créer et de bien gérer une infrastructure touristique permettant les activités d'intérieur et de plein air, les touristes, mobiles par nature, iront ailleurs.

Production alimentaire : Parmi les stratégies possibles, notons l'extension vers le nord de la limite des cultures, grâce à la conversion des terres forestières en terres agricoles; dans le sud, on pourrait contrebalancer le déficit hydrique par l'accroissement de l'irrigation. L'eau fera l'objet d'une rude concurrence et il faudra donc une gestion plus judicieuse qu'actuellement.

Foresterie : Le secteur de la foresterie doit réagir vite si l'on veut éviter d'importantes ruptures de stock. Parmi les stratégies, notons le reboisement à l'aide d'espèces nouvelles mieux adaptées au nouveau climat, une gestion forestière plus judicieuse (abaissement de l'âge d'exploitabilité), et l'amélioration de la lutte contre les maladies et de la prévention des incendies.

Qualité de l'eau : Pour remédier à la diminution probable de la qualité et de la quantité de l'eau, il faudra une stratégie qui permette de réduire les rejets de contaminants et d'accroître le traitement et la purification de l'eau potable.

3.4 Conséquences des stratégies pour des secteurs particuliers

Chaque stratégie d'adaptation pour un secteur précis adoptée pour atténuer les effets du changement climatique peut avoir des conséquences sur les éléments du système climatique et sur l'utilisation des ressources. Dans la seconde partie de l'analyse d'interdépendance, on a examiné dans quelle direction et jusqu'à quel point iraient les conséquences de ces stratégies et les réactions qu'elles entraîneraient. Voici les faits essentiels pour chaque secteur de ressources.

Utilisation de l'eau par les municipalités : Les stratégies d'atténuation devraient avoir peu de conséquences sur les éléments du système climatique ou l'utilisation des ressources; il se pourrait toutefois que les techniques de conservation permettent de réduire en partie l'effet du changement climatique causé par le CO_2 sur l'écoulement, l'ANB et le niveau des lacs en compensant l'accroissement de l'utilisation de l'eau par les municipalités.

Énergie hydroélectrique : Les stratégies permettant d'atténuer la baisse de production d'énergie hydroélectrique peuvent avoir des conséquences négatives et des conséquences positives. Si l'on utilise d'autres sources d'énergie, on risque d'entraîner la détérioration de la qualité de l'air et de l'eau. Si l'on augmente le prix de l'électricité pour limiter la demande, les répercussions financières se feront sentir dans une vaste gamme d'activités économiques.

Navigation commerciale : La régularisation visant à réduire le débit peut se répercuter sur l'ANB et le niveau des lacs en d'autres endroits.

Besoins en chauffage d'ambiance : L'arrivée de températures plus élevées pourrait encourager le recours à de nouvelles techniques, comme les pompes à chaleur, qui réduiraient les besoins globaux en chauffage et, par conséquent, diminueraient la demande d'énergie. Cette baisse de la demande compenserait en partie la baisse de la production d'hydroélectricité.

Besoins en refroidissement d'ambiance : Le recours accru à la climatisation grèvera davantage les ressources hydroélectriques et renforcera les répercussions du CO_2 sur la production d'hydroélectricité.

Tourisme et loisirs : La diversification des activités de loisirs risque de causer des conflits quant à l'utilisation des sols si les loisirs gagnent sur les terres agricoles et forestières. Une plus grande utilisation des ressources en eau peut réduire la qualité de l'eau. L'augmentation de la régularisation visant à faciliter les activités de loisirs risque d'avoir une influence sur le niveau des lacs, l'écoulement et le débit.

Production alimentaire : L'accroissement de l'irrigation dans le sud de l'Ontario risque de se répercuter sur l'écoulement, l'ANB et le niveau des lacs. Une agriculture plus intensive risque d'altérer la qualité de l'eau. On s'expose aussi à des conflits quant à l'utilisation des sols en étendant l'agriculture dans le nord de l'Ontario.

Ressources forestières : L'ampleur, la diversité et l'effet net des conséquences de certaines stratégies, comme la gestion intensive ou un déplacement des activités liées à la forêt, restent flous à l'heure actuelle.

4. PRIORITÉS EN MATIÈRE DE RECHERCHE

On recommande de prendre en considération la recherche fondamentale et les applications. La recherche fondamentale examine les mécanismes par lesquels se produisent les changements du système climatique ou du secteur des ressources. Les applications de la recherche fondamentale comprennent des simulations pour prévoir les répercussions dans des circonstances climatiques données. Les critères qui ont servi à évaluer les priorités en matière de recherche sont les suivants : avec quel degré d'incertitude pouvons-nous définir les conséquences, et quelle importance y a-t-il à connaître l'ampleur des conséquences sur les ressources touchées, compte tenu de la valeur économique de l'utilisation de ces ressources? On a eu recours à quatre grands groupes de sujet de recherche :

- modèles de la circulation atmosphérique
- système climatique
- effets sur les ressources et leur utilisation
- stratégies socio-économiques.

4.1 Modèles de circulation atmosphérique

On pourrait obtenir de meilleurs résultats en améliorant la communication entre les modélisateurs et les usagers des modèles. Les améliorations peuvent se faire par la modification ou l'addition de paramètres, le perfectionnement des estimations du rythme du changement climatique et l'inclusion d'autres paramètres comme la nébulosité. On encourage les représentants du secteur de la modélisation atmosphérique et les spécialistes des répercussions par secteur à se rencontrer pour déterminer les modifications faisables à apporter aux résultats des modèles et pour améliorer la compréhension des modèles parmi les usagers. (Remarque du rédacteur : cette concertation se produit de plus en plus souvent depuis 1985).

4.2 Effets sur le système climatique

On a déterminé quels étaient les besoins en matière de recherche sur les effets directs et indirects du CO_2 sur le système climatique et on les a résumés dans les sections 4.2.1 et 4.2.2. On a réparti les besoins en trois catégories selon le degré de priorité : catégorie 1, ou première importance, catégorie 2 ou importance secondaire et, enfin, catégorie 3 ou moindre importance.

Il y a trois paramètres importants sur lesquels on n'a pas fait de recherche malgré leurs effets sensibles sur l'utilisation des ressources. Il s'agit des effets du gaz carbonique sur la productivité biologique (augmentation de la croissance des plantes et des concentrations d'ozone), la couverture de glace (prolongation de la saison de navigation), et sur les écosystèmes (changement de composition des espèces). A l'égard de ces paramètres, les recherches sur le CO_2 et les effets sur les écosystèmes sont de toute première importance, tandis que les études sur la couverture de glace sont d'importance secondaire.

4.2.1 Effets directs

Catégorie 1 ou première importance :

Écoulement : les modèles reposent sur un seul bassin hydrographique jugé typique et les modélisateurs ne sont pas sûrs que les prévisions soient transposables à d'autres bassins hydrographiques de l'Ontario ou à des régimes climatiques différents.

Apport net du bassin : il dépend des modèles de ruissellement mais il faut des données sur les précipitations et sur l'évaporation des lacs (on utilise actuellement des valeurs estimatives).

Catégorie 2 ou importance secondaire :

Qualité de l'air : on met au point de nouveaux modèles dans lesquels entrent des éléments atmosphériques tels que les polluants acides. Ces modèles peuvent servir à évaluer les répercussions du CO_2.

Régime nival : les modèles existants ne peuvent évaluer les répercussions de valeurs extrêmes du régime nival sur les transports, les constructions et le ski.

Niveau des lacs : des simulations devraient permettre de déterminer quels changements en matière de régularisation pourraient atténuer les répercussions des changements de niveau des lacs.

Catégorie 3 ou importance moindre :

Qualité de l'eau : il existe déjà des modèles fiables mais il faut inclure les répercussions biologiques.

4.2.2 Effets indirects

Effets de la qualité de l'air sur la qualité de l'eau : les recherches dans ce domaine sont de première importance car on a jusqu'ici mené peu de recherche fondamentale malgré les répercussions éventuelles considérables.

Effets de l'écoulement et de l'ANB sur la qualité de l'eau : recherche d'importance secondaire car on comprend assez bien les relations fonctionnelles.

Effets de l'écoulemennt sur le niveau des lacs : la modélisation à l'aide des scénarios du changement climatique exige encore du travail, mais cette recherche est d'importance secondaire en comparaison des recherches sur la qualité de l'air et de l'eau.

4.3 Secteurs des ressources

On a déterminé les besoins en matière de recherche sur les secteurs de ressources puis on les a classés selon la catégorie des effets directs et des effets indirects et selon la priorité. Le secteur de la santé y figure bien qu'on ne l'ait pas analysé en préparation du colloque. D'autres secteurs comme les transports, la construction et la pêche ont des répercussions mais n'ont pas été inclus. Il faut poursuivre les travaux sur les répercussions dans ces secteurs et dans d'autres secteurs éventuellement touchés.

Le secteur forestier est de première importance quant aux recherches sur les conséquences du changement causé par le CO_2. La recherche porte sur les éléments suivants :

- réactions des forêts aux nouveaux climats
- facteurs de répercussions particulières (les ravageurs par exemple)
- répercussions indirectes du changement de la qualité de l'air sur les ressources forestières
- répercussions du changement du régime nival sur les ressources forestières.

La recherche en matière de santé est également de première importance. Éléments de recherche :

- changements prévus en principe (section 2.2)
- répercussions indirectes du changement de la qualité de l'air sur la santé
- autres répercussions indirectes possibles.

Dans la catégorie des recherches d'importance secondaire, citons la recherche sur les effets directs et indirects du changement causé par le CO_2 sur la production alimentaire, le tourisme et les loisirs et l'utilisation de l'eau par les municipalités.

Recherche sur la production alimentaire :

- répercussions directes du CO_2 sur la productivité des cultures
- productivité des cultures spéciales et répercussions de la concentration des polluants dans les précipitations
- répercussions des changements de la qualité de l'air sur la production alimentaire.

Recherche en matière de tourisme et loisirs :

- réactions des usagers aux changements de qualité des activités de loisirs
- améliorations des modèles atmosphériques
- recherche sur les relations entre les changements de l'écoulement et du niveau des lacs et les activités de loisirs.

Recherche sur l'utilisation de l'eau par les municipalités :

- modélisation de l'utilisation réelle de l'eau et des pertes dues aux fuites
- recherche sur les effets indirects de l'utilisation des eaux souterraines.

Les effets sur l'énergie hydroélectrique, la navigation et le chauffage et le refroidissement d'ambiance sont tous des effets indirects que nous comprenons bien; par conséquent, la recherche tombe ici dans la catégorie d'importance moindre.

4.4 Stratégies socio-économiques d'adaptation en matière de ressources

La recherche sur les stratégies socio-économiques d'adaptation éventuelles n'est pas encore prioritaire en raison de l'incertitude des répercussions biophysiques. Les besoins en matière de recherche dépendent aussi du temps de réaction nécessaire à l'adaptation, ce qui est encore mal compris. Par contre, il est de première importance d'effectuer des recherches sur les stratégies d'atténuation susceptibles d'être appliquées dans le secteur forestier; en particulier, on ne dispose pas de suffisamment de données sur les effets de la sélection génétique, la baisse de l'âge d'exploitabilité et sur l'intensification de la gestion.

Dans la catégorie d'importance secondaire, citons la recherche sur les effets des stratégies d'adaptation susceptibles d'être appliquées dans la production alimentaire et la navigation.

5.0 CRITÈRES POUR L'ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES SOCIO-ÉCONOMIQUES

On a établi un ensemble de cinq critères pour évaluer les répercussions socio-économiques du changement climatique causé par le CO_2. Les quatre premiers portent sur les secteurs des ressources où les répercussions sont les plus graves d'un point de vue socio-économique. Le dernier critère offre une mesure de l'utilité des différentes stratégies.

5.1 Coût des ressources

Le coût des ressources se reflète sur la santé économique et se mesure par la valeur monétaire des changements causés par le CO_2 dans le domaine de l'utilisation des ressources. La santé économique dépend de l'existence de biens (les ressources) à bas prix. Par exemple, les changements climatiques peuvent s'accompagner d'une diminution de certaines espèces de bois, d'où montée des prix. Dans ce cas, le consommateur est défavorisé parce qu'il paie plus qu'avant le changement climatique. Le producteur en pâtit parce que la hausse des coûts de production entraîne une réduction des profits. Bien que cette perte de profits soit en partie compensée par l'augmentation du prix de vente, il s'agit essentiellement d'un transfert de revenus du consommateur au producteur et, par conséquent, il n'y a pas d'accroissement de la valeur économique.

5.2 Changements au niveau de l'emploi et des revenus

En modifiant l'utilisation des ressources, le changement climatique causé par le CO_2 entraînera des changements au niveau de l'emploi et des revenus personnels. Il y a deux éléments à étudier tant pour l'emploi que pour les revenus personnels. Pour l'emploi, le premier élément est la perte directe d'emplois, c'est-à-dire le nombre d'emplois perdus (gagnés) par la conséquence immédiate du changement climatique causé par le CO_2. Ainsi, dans le secteur forestier, le nombre d'emplois perdus directement correspondrait au nombre de bûcherons licenciés en raison de la baisse de récolte. Le second élément porte sur les pertes et gains indirects, comme par exemple la baisse d'activité dans les secteurs industriels auxiliaires du secteur touché. Les effets sur les revenus se composent des mêmes éléments directs et indirects.

5.3 Répartition géographique des répercussions

On peut aussi se fonder sur la répartition géographique des répercussions pour décider de la priorité des mesures à prendre. Ce critère compare le coût des ressources et les changements au niveau de l'emploi d'une région à l'autre. L'analyse de la répartition géographique des répercussions indique utilement aux technocrates quelles mesures il faut prendre et en quel endroit. Il serait également utile de préciser les localités qui dépendent d'une ressource menacée.

5.4 Questions de souveraineté nationale

Les questions de souveraineté nationale amènent à élargir la portée de l'évaluation politique. Le critère le plus évident de la souveraineté nationale est la question de la balance commerciale qui tient compte des répercussions du changement climatique causé par le CO_2 sur le commerce au Canada, le cours du change et la capacité d'importer. Citons en outre l'indépendance nationale (par exemple la main-mise sur les ressources) et le prestige national.

5.5 Avantages économiques nets

Le dernier critère évalue l'utilié de stratégies d'attenuation concernant des ressources particulières. L'analyse des bénéfices économiques nets indique si les bénéfices d'une stratégie donnée dépassent les coûts. On peut utiliser l'analyse coûts-avantages pour comparer entre elles des stratégies et décider de la priorité des mesures politiques.

En conclusion, pour évaluer à l'aide de ces cinq critères les répercussions socio-économiques du changement climatique causé par le CO_2, il faut concerter les efforts de recherche. On paut réduire ces efforts en ne fondant les décisions que sur un ou deux des critères susmentionnés. Le choix de la méthode dépend des préférences des décideurs.